

PERHITUNGAN NILAI NISBAH HANTARAN SEDIMEN DENGAN MENGGUNAKAN KURVA SEDIMEN DAN MODEL EROSI TANAH

Calculation of Sediment Delivery Ratio Using Sediment Rating Curve and Soil Erosion Model

Nining Wahyuningrum¹, Putu Sudira², Haryono Supriyo³, Sambas Sabarnurdin³

¹Balai Penelitian Kehutanan Teknologi Pengelolaan DAS Solo, Jl. A. Yani, PO. Box 295 Pabelan, Kartasura, Solo 57102

²Program Studi Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Gadjah Mada,
Jl. Flora No. 1, Bulaksumur, Yogyakarta 55281

³Program Doktor, Program Studi Ilmu Kehutanan, Fakultas Kehutanan Universitas Gadjah Mada,
Jl. Agro No. 1 Bulaksumur, Yogyakarta 55281
Email: nining0709@yahoo.com

ABSTRAK

Proses erosi dan sedimentasi yang berkepanjangan dapat memberi pengaruh negatif terhadap kualitas lahan, selain itu proses sedimentasi juga dapat mengakibatkan menurunnya fungsi bangunan hidrologis. Dalam skala Daerah Aliran Sungai (DAS) kedua proses ini penting untuk dimonitor. Hubungan antara besarnya erosi ditempat dan sedimentasi pada luaran DAS dirumuskan dalam bentuk nisbah hantaran sedimen (Sediment Delivery Ratio, SDR). SDR merupakan rasio antara erosi yang terjadi pada seluruh DAS dengan jumlah sedimen pada daerah outlet. Studi ini bertujuan menghitung besarnya nilai SDR pada dua DAS dengan kondisi topografi dan jenis penutupan lahan yang berbeda. Penelitian dilakukan di dua sub DAS Ngunut I dan Tapan. Perhitungan erosi dilakukan dengan metode USLE sedangkan perhitungan sedimen dengan menggunakan rating curve dan sediment rating curve. Hasil analisis menunjukkan bahwa (1) Diperoleh nilai SDR Sub DAS Tapan lebih tinggi (2,37) daripada nilai SDR Sub DAS Ngunut I (0,047). Hal ini mengindikasikan adanya sumber materi sedimen lain selain dari erosi lembar yang terbawa ke luaran DAS, (2) Nilai SDR berfluktuasi sesuai dengan fluktuasi bulanan hujan dan limpasan, (3) Jenis penutupan lahan kurang berpengaruh terhadap SDR dibandingkan dengan topografi (kemiringan lahan, kerapatan aliran dan luas DAS).

Kata kunci: Erosi, sedimentasi, penutupan lahan, rating curve, sediment rating curve, SDR

ABSTRACT

Prolonged soil erosion and sedimentation have negative effect on land quality showing by decreasing land productivity, in addition, sedimentation process may cause decreasing function of hydrologic infrastructures. In watershed scale it is important to monitor both important processes. The relationship between the amount of onsite erosion and sedimentation at the watershed outlet is formulated in the Sediment Delivery Ratio (SDR). SDR is the ratio between the erosion that occurs in the entire basin with the amount of sediment in the outlet of a watershed. This study aimed to calculate SDR value of two watersheds which have different topographic condition and land cover types composition. The study was conducted in two sub-watersheds namely Tapan and Ngunut I. Erosion calculation used USLE formulae while prediction of water discharge and sediment discharge utilized rating curve and sediment rating curve. The study shows that (1) SDR of Tapan is higher than SDR of Ngunut I, it indicates that there are others source of sediment beside sheet erosion which is transported to the outlet of watershed, (2) The value of SDR fluctuate according to fluctuations in monthly rainfall and runoff, (3) SDR is less sensitive to land cover types rather than of topographic factor (slope, drainage density an watershed area).

Keywords: Erosion, sedimentation, land cover, rating curve, sediment rating curve, SDR

PENDAHULUAN

Erosi dan sedimentasi merupakan proses sebab akibat yang penting dalam suatu bentang lahan, pada jangka pendek maupun jangka panjang. Erosi dan sedimentasi ini dapat dipengaruhi oleh geomorfologi dan jenis penutupan lahan (López-Vicente dan Navas, 2010). Masing-masing faktor memberikan efek yang berbeda. Penutupan lahan dapat menjadi faktor dominan dalam suatu Daerah Aliran Sungai (DAS) dan kelas kemiringan lereng dapat menjadi faktor dominan pada DAS yang lain (Ricker dkk., 2008). Proses sedimentasi melibatkan tiga fungsi utama yaitu daerah sumber sedimen (*source region*), jaringan pengangkut (*transportational network*) dan daerah pengendapan (*sink region*). Hasil sedimen pada daerah sumber menggambarkan fluktuasi sedimen pada keseluruhan area dan menunjukkan besarnya dampak negatif yang ditimbulkannya (Shi dkk., 2010). Mengetahui hubungan erosi dengan sedimentasi ini sangat perlu dilakukan mengingat kedua hal tersebut mempunyai dampak negatif bagi lingkungan. Erosi dan sedimentasi merupakan penyebab degradasi lahan (Gimeno-García dkk., 2000). Proses erosi yang berkepanjangan dapat menurunkan produktivitas lahan yang ditunjukkan oleh menurunnya hasil pertanian (Okoba dan Sterk, 2006). Selain itu sedimentasi juga dapat merusak bangunan seperti saluran drainase dan waduk (Lee dan Lee, 2010) selain itu menumpuknya bahan sedimen dapat mengurangi kapasitas waduk dalam menyimpan air (Morris dan Fan, 1998) sehingga menyebabkan penurunan umur waduk dan bencana ekologis lainnya.

Hubungan antara erosi dan sedimentasi dinyatakan dalam nilai nisbah hantaran sedimen (*Sediment Delivery Ratio*, SDR). SDR merupakan rasio antara erosi yang terjadi pada seluruh DAS dengan jumlah sedimen pada daerah luaran (*outlet*) DAS (Lee dan Lee, 2010). Nilai SDR sangat dipengaruhi oleh waktu perjalanan partikel tanah menuju daerah pengendapan dan sedikit sensitif terhadap jenis penutupan lahan (López-Vicente dan Navas, 2010). Menurut Vente dkk., (2007) nilai SDR dapat berkorelasi positif maupun negatif dengan luas DAS namun demikian ada juga yang tidak beraturan. Dalam hal ini nilai SDR lebih ditentukan oleh jenis penutupan lahan, iklim, jenis tanah dan topografi. Ke empat faktor ini lebih menentukan nilai SDR daripada luas DAS. Tujuan studi ini adalah untuk menghitung nilai SDR pada dua DAS yang mempunyai kondisi topografi dan penutupan lahan yang berbeda yaitu Sub DAS Tapan dan Ngunut I. Studi ini mengintegrasikan perhitungan SDR dengan metode kurva sedimen (*sedimen rating curve*) dan prediksi erosi dengan model USLE (*Universal Soil Loss Equation*). Prediksi erosi akan dihitung dengan menggunakan Sistem Informasi Geografis (SIG).

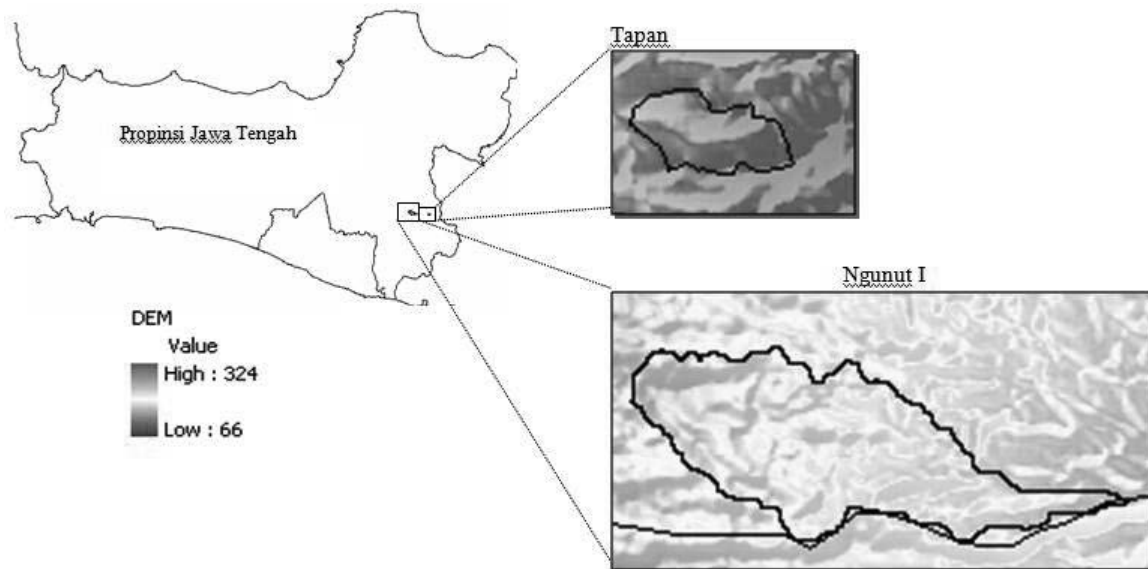
METODE PENELITIAN

Lokasi

Penelitian dilakukan di 2 sub DAS yaitu Sub DAS Tapan dan Sub DAS Ngunut I. Deskripsi masing-masing sub DAS dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Deskripsi lokasi penelitian

No.	Sub DAS	Letak		Formasi Geologi	Luas (ha)
		Geografis	Administratif		
1	Tapan	7°40'30,41"-7°41'1,16" LS 110°6'1,82"-111°7'2,68" BT	Ds. Sepanjang Kec. Tawangmangu Kab. Karanganyar	Vulkan Lawu	146
2	Ngunut I	7°39'31,22"-7°40'30,2" LS 110°59'2,07"-111°1'0,85" BT	Ds. Ngunut Kec. Jumantono Kab. Karanganyar	Vulkan Lawu	761



Gambar 1. Lokasi penelitian

Bahan dan Peralatan

Bahan dan peralatan yang digunakan adalah: (1) SPAS (Stasiun Pengamatan Arus Sungai), (2) AWLR (*Automatic Water Level Recorder*), (3) ARR (*Automatic Rainfall Recorder*), (4) GPS (*Global Positioning System*), (5) Peta RBI (Rupa Bumi Indonesia) skala 1:25.000, (6) DEM (*Digital Elevation Model*) Aster 30 x 30 m, (7) Citra *Quickbird* tahun 2011 skala 1:5000, (8) *Softwarwer*: ArcMap 9.3, *Google-earth-4.2.0196-Beta*, *GE_jpg-extractor* dan *GEsticher*, MSOffice: Excel, Word

Metode

Pengumpulan Data

- Pengumpulan data curah hujan bulanan tahun 2011 melalui stasiun hujan pada masing-masing SPAS yaitu SPAS Tapan dan Ngunut I.
- Pemantauan tinggi muka air: Pemantauan tinggi muka air dilakukan dengan mengamati AWLR.
- Pengukuran debit pada berbagai variasi tinggi muka air.
- Pengambilan contoh sedimen. Contoh sedimen merupakan dasar perhitungan besarnya sedimen.
- Pengumpulan data lahan : jenis tanah, jenis penutupan lahan, tekstur dan struktur tanah, kelerengan dan jenis konservasi tanah.
- Pengambilan sampel tanah pada beberapa jenis penutupan lahan, analisis tekstur tanah 3 fraksi.

Analisis Data

- Data debit sungai diperoleh dari data tinggi muka air dikonversi menjadi debit dengan bantuan *rating curve* (hubungan antara tinggi muka air dan debit).
- Dibuat grafik hubungan antara tinggi muka air dan debit. Sedimen (*Sedimen yield*) didekati dengan kandungan sedimen dan debit.
- Tingkat sedimentasi didapatkan dengan mengalikan kandungan sedimen dengan debit. Agar masing-masing sub DAS dapat dibandingkan maka besarnya sedimen dikoreksi dengan luasan sub DAS.
- Klasifikasi penutupan lahan dilakukan dengan menggunakan citra *Quickbird* tahun 2011 secara dijital pada layar (*onscreen digitizing*) dan analisis secara visual dengan menggunakan ArcMap 9.3. Klasifikasi didasarkan pada hasil pengecekan lapangan dan informasi yang didapat dari *Google Earth*.
- Kemiringan lahan diperoleh dari analisis DEM dengan menggunakan ArcMap 9.3. Kemiringan diklasifikasi menjadi kelas 0-8%, 8-15%, 15-25%, 25-45% dan > 45%
- Tingkat erosi, diprediksi dengan menggunakan rumus *Univerasl Soil Loss Equation (USLE)* yang dikemukakan oleh Weischmeier and Smith (1978) adalah sebagai berikut:

$$A = R K L S C P \dots\dots\dots(1)$$

Dalam hal ini :

A = Banyaknya tanah tererosi (ton/ha/tahun)

R = Indeks erosivitas hujan

K = Indeks erodibilitas tanah

LS = Indeks panjang dan kemiringan lereng

C = Indeks pengelolaan tanaman

P = Indeks upaya konservasi tanah

- h. Erosivitas hujan dihitung berdasarkan rumus Bols dalam Asdak (1995) sebagai berikut:

$$R_m = 2,21 P_m^{1,36} \dots\dots\dots(2)$$

Dalam hal ini :

R_m = Erosivitas hujan bulanan

P_m = Curah hujan bulanan (cm)

- i. Indeks panjang dan kemiringan lereng dihitung dengan rumus Paningbatan, Jr (2001) dalam (Herawati, 2010):

$$LS = 0,2 S^{1,33} + 0,1 \dots\dots\dots(3)$$

Dalam hal ini :

LS = indeks panjang lereng

S = lereng (%)

- j. Nilai K dihitung dengan rumus Erodibilitas: (Weischmeier dan Smith, 1978)

$$100K = 1,292[2,1M^{1,14}(10^{-4})(12-a) + 3,25(b-2) + 2,5(c-3) \dots\dots\dots(4)$$

Dalam hal ini :

M = (%debu+%pasir sangat halus)(100-%liat)

a = bahan organik

b = kode struktur tanah, dimana 1 : granular sangat halus, 2 : granular halus, 3 : granular sedang sampai kasar, 4 : blok, masiv

c = kelas permeabilitas, dimana 1 : cepat, 2 : sedang-cepat, 3 : sedang,

a. : lambat – sedang, 5 : lambat, 6 : sangat lambat

- k. Nilai pengelolaan tanaman C dan tindakan konservasi tanah (P) disatukan menjadi CP yang digunakan oleh Ditjen RLPS (Anonymous, 2009).

- l. Nilai nisbah hantaran sedimen (*Sedimen Delivery Ratio*, SDR) dihitung dengan rumus: (Lee dan Lee, 2010)

$$SDR = Y/E \dots\dots\dots(5)$$

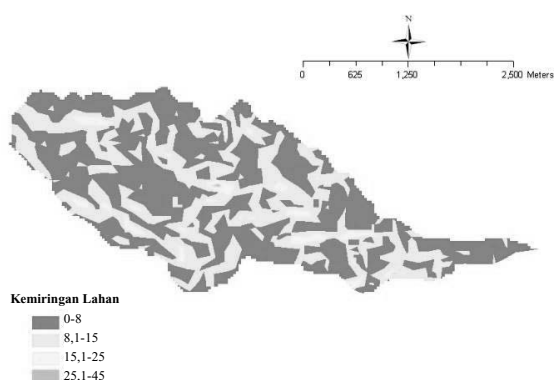
Dalam hal ini : Y = hasil sedimen per ha dan E = erosi per ha

HASIL DAN PEMBAHASAN

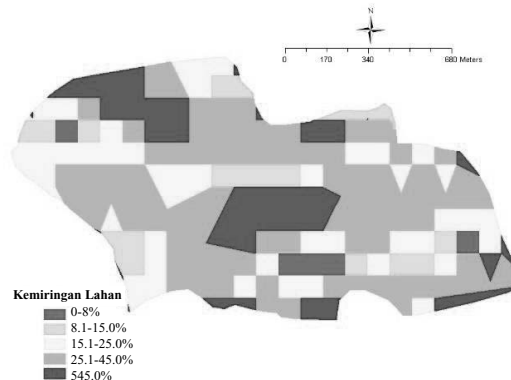
Dari hasil analisis DEM diperoleh hasil bahwa Sub DAS Tapan lebih didominasi oleh lereng-lereng terjal bila dibandingkan dengan Sub DAS Ngunut I (Tabel 2) sedangkan sebaran kelas kemiringan tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.

Tabel 2. Distribusi kelas lereng pada lokasi penelitian

Kelas lereng (%)	Ngunut I		Tapan	
	Luas (Area) (ha)	%	Luas (Area) (ha)	%
0-8	435.00	57.10	4.14	2.83
8-15	295.94	38.85	13.74	9.41
15-25	30.67	4.03	34.94	23.92
25-45	0.18	0.02	69.06	47.28
>45	0.00	0.00	24.19	16.56
Jumlah (Total)	761.80	100.00	146.06	100.00

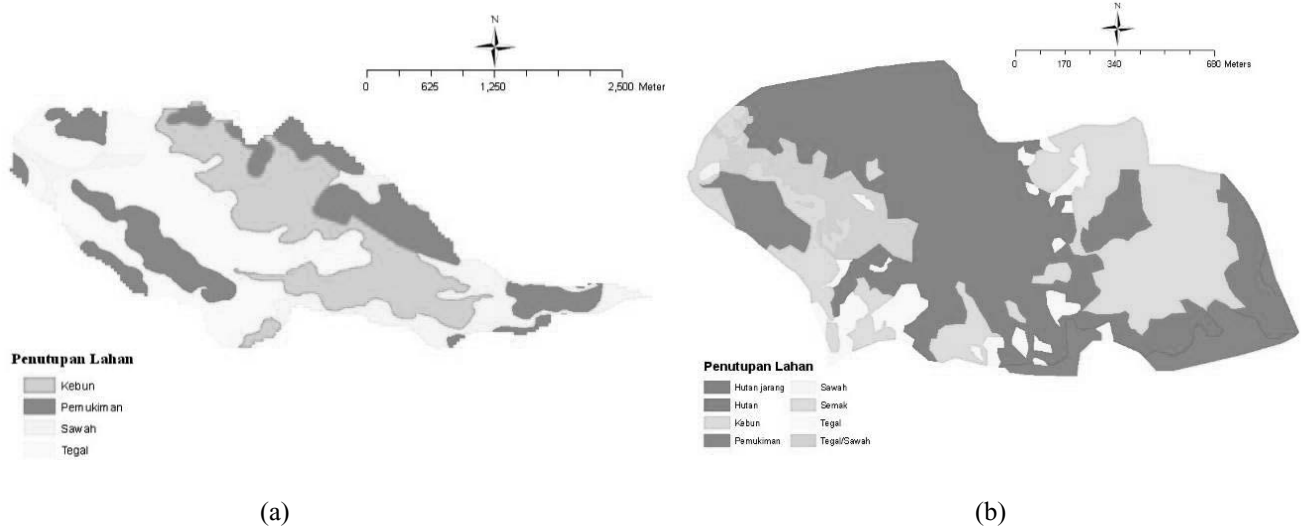


(a)



(b)

Gambar 2. Sebaran kelas kemiringan lereng Sub DAS Ngunut I (a) dan Tapan (b)

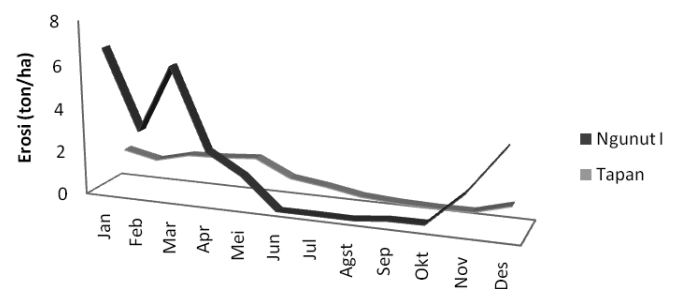


Gambar 3. Sebaran jenis penutupan lahan Sub DAS Ngunut I (a) dan Tapan (b)

Dari aspek penutupan lahan, Sub DAS Tapan didominasi oleh hutan dan kebun campur (Gambar 3). Kedua faktor ini akan mempengaruhi besarnya erosi dan sedimentasi pada kedua sub DAS tersebut karena digunakan dalam perhitungan erosi metode USLE.

Perhitungan erosi bulanan dengan menggunakan rumus USLE memberikan hasil bahwa jumlah erosi per hektar pada Sub DAS Ngunut I lebih tinggi dibandingkan dengan erosi bulanan pada Sub DAS Tapan (Gambar 4). Selama tahun 2011 Ngunut I telah kehilangan tanah sebesar 25,75 ton/ha. Penyumbang erosi total terbesar di Ngunut berasal dari permukiman yaitu sebesar 72,35% (Tabel 3). Di Tapan hanya kehilangan 15,59 ton/ha yang sebagian besar berasal dari kebun campur (Tabel 4) yang umumnya terletak pada lereng-lereng terjal dengan konservasi tanah berupa guludan.

Gambar 4 memperlihatkan fluktuasi erosi bulanan selama tahun 2011. Di Ngunut I erosi terendah terjadi pada musim kering yaitu pada bulan Juni-Oktobre sedangkan di Tapan erosi relatif stabil. Fluktuasi erosi bulanan tersebut disebabkan oleh adanya penutupan lahan sawah dan tegal yang dominan di Ngunut I. Jenis penutupan lahan mempengaruhi besarnya erosi (Rivera dkk., 2011; Hairiah dkk., 2012; Oruk O dkk., 2012) selain itu pengolahan lahan untuk pertanian tanaman semusim juga besar pengaruhnya terhadap erosi (Van Oost dkk., 2006). Dengan demikian perubahan penggunaan lahan akan berpengaruh terhadap tingkat bahaya erosi, seperti hasil penelitian Schietecatte dkk. (2008) yang menyatakan bahwa lahan pertanian mempunyai tingkat erosi tertinggi dimana erosi aktualnya melebihi erosi yang diperkenankan (*tolerable erosion*) dan konversi hutan menjadi lahan terbuka akan meningkatkan bahaya erosi sebesar 12%.



Gambar 4. Variasi erosi bulanan Sub DAS Tapan dan Ngunut I

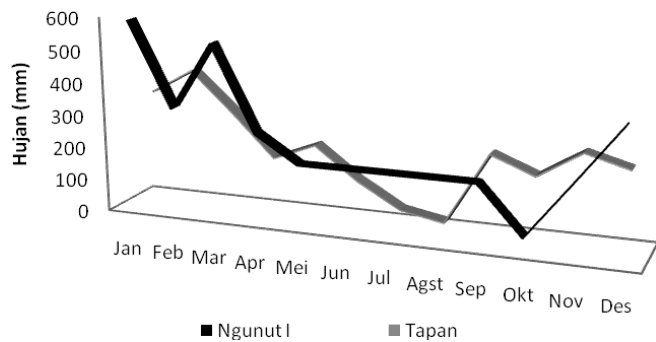
Tabel 3. Sumber erosi pada Sub DAS Ngunut I

Jenis Penutupan Lahan	Luas		Erosi	
	ha	(%)	ton/th	%
Kebun Campur	206.88	27.16	3870.95	19.84
Permukiman	185.87	24.40	14112.61	72.35
Sawah	101.94	13.38	39.90	0.20
Tegal	267.12	35.06	1483.29	7.60
Jumlah	761.80	100.00	19506.75	100.00

Tabel 4. Sumber erosi Sub DAS Tapan

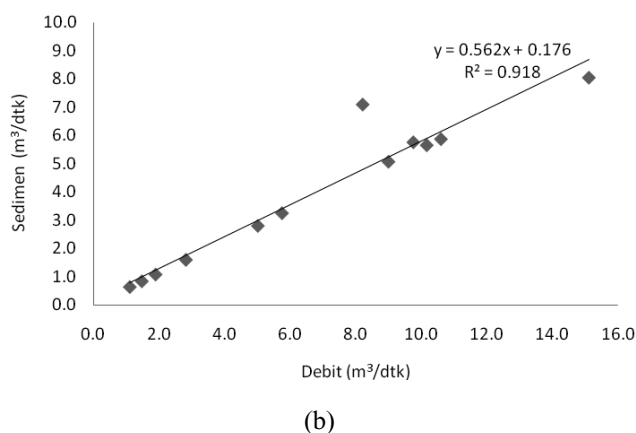
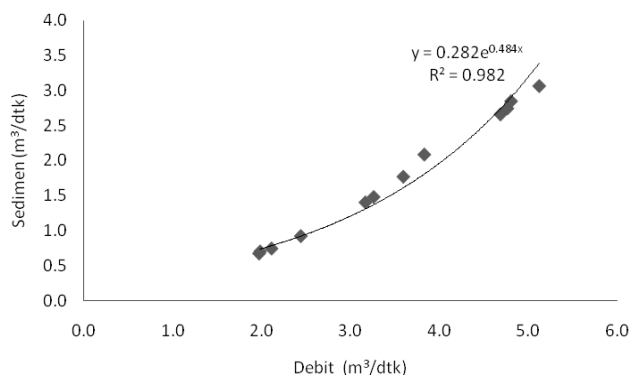
Jenis Penutupan Lahan	Luas		Erosi	
	ha	(%)	ton/th	%
Hutan	74.59	51.07	18.70	0.82
Kebun campur	40.32	27.60	2040.83	89.64
Permukiman	11.58	7.93	163.10	7.16
Sawah	0.45	0.31	0.43	0.02
Semak	0.42	0.29	0.47	0.02
Tegal	8.30	5.69	27.22	1.20
Tegal/Sawah	10.41	7.13	26.00	1.14
Jumlah	146.06	100.00	2276.75	100.00

Fluktuasi erosi bulanan dipengaruhi juga oleh fluktuasi hujan bulanan (Gambar 5). Pengaruh tersebut tampak nyata pada Ngunut I. Ketika musim penghujan (Januari-Mei, November-Desember) dengan curah hujan relatif tinggi, erosi pada bulan tersebut juga tinggi.



Gambar 5. Jumlah hujan bulanan (mm) selama tahun 2011

Dari pengamatan debit aliran dan sedimen diperoleh korelasi antara besarnya debit aliran dengan jumlah sedimen



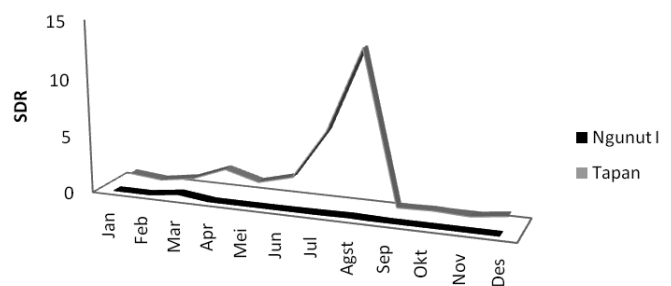
Gambar 6. Kurva sedimen (*Suspended rating curve*) Sub DAS Tapan (a) dan Ngunut I (b)

yang terangkut (Gambar 6). Korelasi tersebut berbentuk *power* seperti hasil yang dikemukakan oleh Lee dan Lee (2010). Kurva sedimen (*suspended rating curve*) ini menurut Kanchoul dan Jansson bersifat musiman (2008) sesuai dengan besarnya curah hujan dan aktifitas pengolahan lahan yang ada di atasnya. Selain itu hubungan antara sedimen dan debit tidak konstan melainkan berubah-ubah (Vente dkk., 2007).

Dari hasil perhitungan diperoleh hasil bahwa nilai SDR Sub DAS Tapan relatif lebih tinggi bila dibandingkan dengan SDR pada Sub DAS Ngunut I (Gambar 7). Hal ini berarti bahwa jumlah erosi yang terjadi di Sub DAS Tapan lebih banyak terangkut menuju ke luaran (*outlet*) bila dibandingkan dengan yang ada di Sub DAS Ngunut I. Menurut Ouyang dan Bartholic (1997) nilai SDR dapat dipengaruhi oleh banyak faktor yaitu sumber sedimen, tekstur tanah, kedekatan dengan saluran, kerapatan aliran, luas DAS, lereng dan panjang lereng, penutupan lahan, hujan dan aliran permukaan.

Dari Laporan Hasil Pengelolaan SPAS Ngunut I (Anonymous, 2000a) dan Tapan (Anonymous, 2000b) terlihat bahwa kerapatan aliran Tapan relatif lebih besar daripada Ngunut I., masing-masing yaitu 4,63 dan 4,55. Suatu DAS dengan kerapatan aliran yang lebih tinggi dan luasan yang lebih sempit akan memiliki nilai SDR lebih tinggi bila dibandingkan dengan DAS dengan luasan lebih besar dan kerapatan aliran rendah (Ouyang dan Bartholic, 1997). Lereng rata-rata DAS Tapan lebih besar dari pada Ngunut I, yaitu 46,79% dan 16,86%. Suatu DAS dengan kemiringan yang lebih tajam mempunyai nilai SDR lebih besar (Ouyang dan Bartholic, 1997).

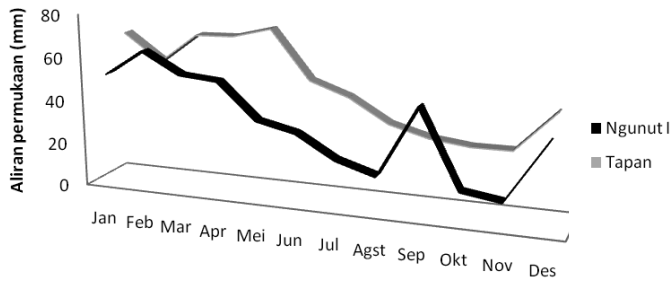
Jenis penutupan lahan Sub DAS Tapan lebih banyak didominasi oleh vegetasi permanen. Vegetasi permanen mempunyai permukaan yang kasar sehingga mampu memperlambat aliran permukaan (*overland flow*) dan memperlambat aliran sedimen. Namun demikian keberadaan hutan yang mendominasi Sub DAS Tapan tidak mengurangi jumlah sedimen. Hal ini bisa disebabkan karena kemiringan lahan di Sub DAS Tapan banyak didominasi oleh lahan dengan kemiringan terjal (Tabel 2). Hal ini sesuai dengan hasil penelitian López-Vicente dan Navas (2010) yang menyatakan nilai SDR kurang sensitif terhadap pengaruh penutupan lahan



Gambar 7. Variasi nilai SDR Sub DAS Tapan dan Ngunut I

namun lebih banyak dipengaruhi oleh waktu tempuh partikel-partikel tanah.

Bila dilihat dari besarnya limpasan bulanan, pada Sub DAS Tapan besarnya aliran permukaan bulanan selalu lebih besar dari pada aliran permukaan bulanan pada Sub DAS Ngunut I (Gambar 6). Oleh sebab itu maka jumlah sedimen bulanan di Sub DAS Tapan selalu lebih besar dari sedimen bulanan Sub DAS Ngunut I (Gambar 7).



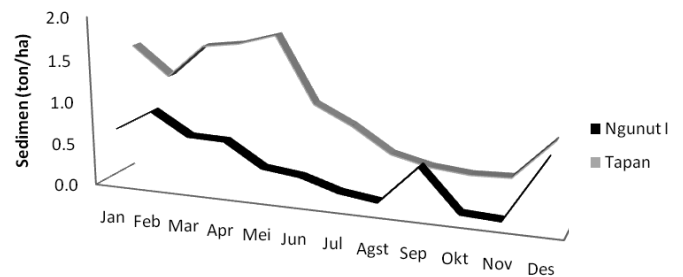
Gambar 8. Variasi aliran permukaan bulanan Sub DAS Tapan dan Ngunut I

Akibat adanya fluktuasi jumlah aliran permukaan menyebabkan fluktuasi nilai SDR, seperti yang dikemukakan oleh Woznicki dan Nejadhashemi (2013). Woznicki dan Nejadhashemi menyatakan SDR dalam suatu DAS berfluktuasi setiap bulan yang disebabkan oleh adanya fluktuasi jumlah sedimen yang diakibatkan oleh perubahan jumlah hujan dan aliran permukaan bulanan.

Dari hasil tersebut maka terlihat bahwa besarnya SDR untuk kasus Sub DAS Tapan dan Ngunut I lebih dipengaruhi

faktor kemiringan lahan, kerapatan aliran dan luas DAS. Hasil ini berlawanan dengan penelitian Rodríguez-Blanco dkk. (2013) yang menyatakan bahwa SDR sangat dipengaruhi oleh distribusi *spatial* penutupan lahan.

Sub DAS Tapan memiliki nilai SDR yang lebih besar (2,37) daripada nilai SDR Sub DAS Ngunut I (0,047) namun demikian nilai erosi di Tapan didominasi erosi pada tingkat sangat ringan (Tabel 8) sedangkan Ngunut I kurang lebih 50% area mengalami erosi pada tingkat berat dan sangat berat (Tabel 7). Menurut Anonymous (1995) erosi sangat berat bila lebih dari 480 ton/ha/th, berat, sedang, ringan masing-masing bila 180-480 ton/ha/th, 60-180 ton/ha/th dan 15-60 ton/ha/th. Nilai SDR yang lebih besar dari 1 mengindikasikan adanya sumber materi sedimen lain yang terangkut aliran permukaan dan sampai ke luaran selain dari hasil erosi lembar. Seusai dengan rumus USLE yang hanya memprediksi besarnya erosi lembar, maka materi sedimen tersebut dapat berasal dari erosi tebing sungai maupun sisi jalan yang tidak dihitung dalam penelitian ini.



Gambar 9. Variasi sedimen bulanan Sub DAS Tapan dan Ngunut I

Tabel 6. Distribusi tingkat erosi pada masing-masing jenis penutupan lahan di Ngunut I

Penutupan lahan	Tingkat Erosi									
	Sangat Ringan		Ringan		Sedang		Berat		Sangat Berat	
	Luas (ha)	%	Luas (ha)	%	Luas (ha)	%	Luas (Area) (ha)	%	Luas (Area) (ha)	%
Kebun campur	7.14	5.54	12.20	25.72	41.95	41.35	67.25	22.79	78.33	41.45
Pemukiman	0.55	0.43	7.13	15.03	11.03	10.87	56.52	19.16	110.64	58.55
Sawah	101.91	79.08								
Tegal	19.27	14.95	28.10	59.25	48.48	47.78	171.27	58.05		
Jumlah	128.87	100.00	47.43	100.00	101.46	100.00	295.04	100.00	188.97	100.00

Tabel 7. Distribusi tingkat erosi pada masing-masing jenis penutupan lahan di Tapan

Penutupan lahan	Tingkat erosi					
	Sangat ringan		Ringan		Sedang	
	Luas (ha)	%	Luas (ha)	%	Luas (ha)	%
Hutan	74.59	65.39				
Kebun	16.79	14.72			23.52	75.20
campur						
Pemukiman	3.09	2.71	0.73	99.55	7.76	24.81
Sawah	0.45	0.39				
Semak	0.42	0.37				
Tegal	8.30	7.28				
Tegal/Sawah	10.41	9.13				
Jumlah	114.06	100.00	0.73	99.55	31.28	100.00

Untuk mengurangi tingkat erosi tersebut dapat dilakukan tindakan konservasi. Namun demikian jenis dan lokasinya harus tepat. Hasil penelitian oleh Z. H Shi dkk. (2012) menyatakan bahwa tindakan konservasi tanah hanya efektif dilakukan di tempat (*onsite*) untuk mengurangi erosi dan hasil sedimen namun demikian tidak mampu mengurangi jumlah sedimen. Sedangkan untuk mengendalikan erosi pada tebing-tebing sungai dapat dilakukan pembuatan pengendali jurang dan pendenali sisi jalan (Anonymous, 2002).

KESIMPULAN

1. Diperoleh nilai SDR Sub DAS Tapan lebih tinggi (2,37) daripada nilai SDR Sub DAS Ngunut I (0,047). Nilai SDR lebih besar dari 1 mengindikasikan adanya sumber materi sedimen lain selain dari erosi lembar yang terbawa ke luaran DAS.
2. Nilai SDR berfluktuasi sesuai dengan fluktuasi bulanan hujan dan limpasan.
3. Jenis penutupan lahan kurang berpengaruh terhadap SDR dibandingkan dengan topografi (kemiringan lahan, kerapatan aliran dan luas DAS)

UCAPAN TERIMA KASIH

Diucapkan terimakasih kepada Balai Penelitian Teknologi Kehutanan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai (BPTKPDAS) Solo yang telah memberikan fasilitas dan biaya kegiatan penelitian, para peneliti dan teknisi BPTKP DAS: Tyas Mutiara Basuki, Gunarja Tjakrawangsa, Agus Sugiyanto, Sudarso, Aris Budiono, Eko Priyanto dan Farika Dian Nuralexia yang telah membantu pelaksanaan kegiatan penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonymous (1995). *Pedoman Penyusunan Rencana Teknik Lapangan Rehabilitasi Lahan dan Konservasi Tanah Daerah Aliran Sungai*. Balai Pengelolaan Daerah Aliran Sungai Jeneberang-Walanae Makassar, Direktorat Jenderal Reboisasi dan Rehabilitasi Lahan, Direktorat Jenderal.
- Anonymous. (2000a). *Laporan Hasil Pengelolaan SPAS Ngunut I*. Balai Teknologi Pengelolaan Daerah Aliran Sungai Surakarta, Surakarta, p. 30.
- Anonymous (2000b). *Laporan Hasil Pengelolaan SPAS Tapan*. Balai Teknologi Pengelolaan Daerah Aliran Sungai Surakarta, Surakarta, p. 30.
- Anonymous (2002). *Pedoman Praktik Konservasi Tanah dan Air*. Badan Litbang Kehutanan, Surakarta.
- Anonymous (2009). *Pedoman Monitoring dan Evaluasi DAS*. Ditjen Rehabilitasi Lahan Perhutanan Sosial, Departemen Kehutanan, Jakarta.
- Asdak, C. (Ed). (1995). *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Gimeno-García, E., Andreu, V. dan Rubio, J.L. (2000). Changes in organic matter, nitrogen, phosphorus and cations in soil as a result of fire and water erosion in a Mediterranean landscape. *European Journal of Soil Science* **51**: 201-210.
- Hairiah, K., Suprayogo, D., Widiyanto, Berlian, Suhara, E., Mardiasuning, A., Widodo, R.H., Prayogo, C. dan Rahayu, S. (2004). Alih guna lahan hutan menjadi lahan agroforestri berbasis kopi: ketebalan seresah, populasi cacing tanah dan makroporositas tanah. <http://www.worldagroforestrycentre.org/sea/Publications/files/book/BK0063-04/BK0063-04-9.pdf>. [29 Juni 2012].
- Herawati, T. (2010). Analisis spasial tingkat bahaya erosi di wilayah DAS Cisadane Kabupaten Bogor. *Jurnal Penelitian Hutan dan Konservasi Alam* **VII**: 413-424.
- Khanchoul, K. dan Jansson, M.B. (2008). Sediment rating curve development stage and seasonal means in discharge classes for the Mellah Wadi, Algeria. *Journal Compilation Swedish Society for Anthropology and Geography* **90**: 227-236.
- Lee, G.-S. dan Lee, K.-H. (2010). Determining the sediment delivery ratio using the sediment-rating curve and a geographic information system-embedded soil erosion model on a basin scale. *Journal of Hydrologic Engineering* **15**: 834-843.

- López-Vicente, M. dan Navas, A. (2010). Relating soil erosion and sediment yield to geomorphic features and erosion processes at the catchment scale in the Spanish pre-pyrenees. *Environmental Earth Sciences* **61**: 143-158.
- Morris, G.L. dan Fan, J. (1998). *Reservoir Sedimentation Handbook*. McGraw-Hill Book Co, New York.
- Okoba, B.O. dan Sterk, G. (2006). Quantification of Visual soil erosion indicators in Gikuuri catchment in the central highlands of Kenya. *Geoderma* **134**: 34-47.
- Oruk O, E., Eric J, N. dan Ogogo, A.U. (2012). Influence of soil textural properties and land use cover type on soil erosion of a characteristic ultisols in Betem, cross river sate, Nigeria. *Journal of Sustainable Development* **5**: 104-110.
- Ouyang, D. dan Bartholic, J. (1997). Predicting sediment delivery ratio in Saginaw bay watershed. *The 22nd National Association of Environmental Professionals Conference Proceedings, Orlando, FL*, pp. 659-671.
- Ricker, M.C., Odhiambo, B.K. dan Church, J.M. (2008). Spatial analysis of soil erosion and sediment fluxes: a paired watershed study of two Rappahannock River Tributaries, Stafford County, Virginia. *Environmental Management* **41**: 766-778.
- Rivera, S., Ferreira, O.I., Anguita, P.M.d. dan Espinal, F.M. (2011) Soil and economic loss evaluation on small hillside farms in the central mountains of Honduras. *Journal of Sustainable Forestry* **30**: 57-78.
- Rodríguez-Blanco, M.L., Taboada-Castro, M.M. dan Taboada-Castro, M.T. (2013). Linking the Field to the stream: soil erosion and sediment yield in a rural catchment, NW Spain, *CATENA* **102**: 74-81.
- Schiettecatte, W., D'hondt, L., Cornelis, W.M., Acosta, M.L., Leal, Z., Lauwers, N., Almoza, Y., Alonso, G.R., Díaz, J., Ruíz, M. dan Gabriels, D. (2008). Influence of landuse on soil erosion risk in the Cuyaguaje Watershed (Cuba). *CATENA* **74**: 1-12.
- Shi, C., Zhang, L., Xu, J. dan Guo, L. (2010). Sediment load and storage in the lower yellow river during the Late Holocene. *Geografiska Annaler* **92A**(3): 297-309.
- Shi, Z.H., Ai, L., Fang, N.F. dan Zhu, H.D. (2012). Modeling the impacts of integrated small watershed management on soil erosion and sediment delivery: a case study in the three gorges area, China. *Journal of Hydrology* **438-439**: 156-167.
- Van Oost, K., Govers, G., de Alba, S. dan Quine, T.A. (2006). Tillage Erosion: a review of controlling factors and implications for soil quality. *Progress in Physical Geography* **30**: 443-466.
- Vente, J.d., Poesen, J., Arabkhedri, M. dan Verstraeten, G. (2007). The Sediment delivery problem revisited. *Progress in Physical Geography* **31**: 155-178.
- Weischmeier, W.H. dan Smith, D.D. (1978). Predicting Rainfall erosion losses; a guide to conservation planning. *Dalam: Agriculture*, U.S.D.o. (Ed.), Agriculture Handbook. Science and Education Administration.
- Woznicki, S. dan Nejadhashemi, A. (2013). Spatial and temporal variabilities of sediment delivery ratio. *Water Resources Management* **27**: 2483-2499.